

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-322226

(43)Date of publication of application : 18.11.2004

(51)Int.Cl.

B23B 51/00  
C23C 16/34  
C23C 16/36

(21)Application number : 2003-116371

(22)Date of filing : 21.04.2003

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(72)Inventor : SETOYAMA MAKOTO  
OMORI NAOYA  
FUKUI HARUYO  
HIROSE KAZUHIRO  
OKADA YOSHIO

## (54) SMALL DIAMETER DRILL FOR PROCESSING PRINTED CIRCUIT BOARD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small diameter drill for processing a printed circuit board for maintaining hole position accuracy and a hole inner wall grade of many processing holes by improving abrasion resistance and welding resistance.

**SOLUTION:** This small diameter drill for processing the printed circuit board has a hard film in at least a part of a base material surface. A tip part of the base material is formed of cemented carbide. The hard film is composed of one or more layers composed of a compound selected from nitride, carbide, and carbonitride of periodic table IVa, Va, VIa group metal. The layers composed of the compound has a layer including chlorine. A blade diameter is set to  $\phi$ 0.01 mm to 3.0 mm.

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>B 2 3 B 51/00  
C 2 3 C 16/34  
C 2 3 C 16/36

F I

B 2 3 B 51/00  
C 2 3 C 16/34  
C 2 3 C 16/36

テーマコード(参考)

3 C 0 3 7  
4 K 0 3 0

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全16頁)

(21) 出願番号 特願2003-116371 (P2003-116371)  
(22) 出願日 平成15年4月21日 (2003.4.21)(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
(74) 代理人 100100147  
弁理士 山野 宏  
(74) 代理人 100070851  
弁理士 青木 秀實  
(72) 発明者 瀬戸山 誠  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内  
(72) 発明者 大森 直也  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プリント基板加工用小径ドリル

(57) 【要約】

【課題】 耐摩耗性や耐溶着性を向上して、多くの加工穴に対して穴位置精度や穴内壁品位を維持することができるプリント基板加工用小径ドリルを提供する。

【解決手段】 基材表面の少なくとも一部に硬質膜を具えるプリント基板加工用小径ドリルである。前記基材のうち先端部は、超硬合金にて形成する。前記硬質膜は、周期律表 I V a、V a、V I a 族金属の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物からなる一層以上にて構成する。前記化合物からなる層には、塩素を含有する層を具える。そして、刃径を  $\phi 0.01\text{mm}$  以上  $3.0\text{mm}$  以下とする。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基材表面の切削に関与する部位に硬質膜を具え、先端部を形成する基材は、超硬合金からなり、前記硬質膜は、周期律表 I V a、V a、V I a 族金属の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物からなる一層以上から構成され、前記化合物からなる層には、塩素を含有する層を具え、刃径が  $\phi 0.01\text{ mm}$  以上  $3.0\text{ mm}$  以下であることを特徴とするプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 2】

塩素の濃度が  $0.0001$  原子% 以上  $10$  原子% 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

10

## 【請求項 3】

塩素の濃度が  $0.001$  原子% 以上  $1$  原子% 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 4】

硬質膜の厚さが  $0.05\text{ }\mu\text{ m}$  以上  $10\text{ }\mu\text{ m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 5】

硬質膜の厚さが  $0.1\text{ }\mu\text{ m}$  以上  $1\text{ }\mu\text{ m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

20

## 【請求項 6】

硬質膜は、基材側に T i N 層と、T i N 層の外側に T i C N 層とを具え、少なくとも T i C N 層は、塩素を含有することを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 7】

T i N 層の厚みが  $0.01\text{ }\mu\text{ m}$  以上  $1.0\text{ }\mu\text{ m}$  以下であることを特徴とする請求項 6 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 8】

硬質膜は、複数層からなり、そのうち少なくとも一層は、気相合成法で形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

30

## 【請求項 9】

刃径を  $d$  とするとき、少なくとも先端から長さ  $d$  の範囲内に硬質膜を具え、この範囲内の硬質膜の面粗さが  $R_z = 0.35\text{ }\mu\text{ m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 10】

刃径を  $d$  とするとき、少なくとも先端から長さ  $5d$  の範囲内における溝部に硬質膜を具え、この範囲内にある溝部の硬質膜の面粗さが  $R_z = 0.35\text{ }\mu\text{ m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

## 【請求項 11】

硬質膜の膜厚を  $t$  とするとき、硬質膜の表面に突起を有する場合、この突起は、直径及び高さの少なくとも一方が  $t$  以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のプリント基板加工用小径ドリル。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、プリント基板の穴あけ加工に用いる小径ドリルに関するものである。特に、耐摩耗性及び耐溶着性に優れ、長時間の使用に亘り、穴位置精度や穴内壁品位を維持することができるプリント基板加工用小径ドリルに関するものである。

## 【0002】

50

## 【従来の技術】

従来、プリント基板の穴あけ加工に、刃径が2.0mm以下程度の超硬合金製の小径ドリルが用いられている。プリント基板の穴あけ加工では、長時間の使用に亘り、穴内壁品位や穴位置精度が維持されることが重要であり、これら品位や位置精度の劣化により小径ドリルの寿命が決められることが多い。従来のプリント基板加工用小径ドリルでは、基材表面が硬質膜で被覆されていないものが多く使われているが、近年、長寿命化のために基材表面にダイヤモンド膜を被覆した超硬合金製ドリル（特許文献1参照）や、その他の硬質膜を被覆した超硬合金製ドリル（特許文献2参照）が使われている。

## 【0003】

## 【特許文献1】

特開平03-60907号公報（特許請求の範囲参照）

## 【特許文献2】

特公昭59-43246号公報（特許請求の範囲参照）

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

近年、被削材であるプリント基板がより高強度になってきている。このような被削材の高強度化に伴い、これを加工するプリント基板加工用小径ドリルなどの工具の使用環境は、過酷になりつつあり、従来の工具では、寿命が十分であると言えなくなっている。また、加工能率を向上するために、より速い回転速度、送り速度による高速・高効率加工も検討されており、このこともまた使用環境を過酷なものとしており、工具寿命のより延長が望まれている。

## 【0005】

そこで、本発明の主目的は、耐摩耗性や耐溶着性を向上して、多くの加工穴に対して穴位置精度や穴内壁品位を維持することができるプリント基板加工用小径ドリルを提供することにある。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、基材表面に被覆する硬質膜に特定の元素、具体的には、塩素を含有する層を具えることで上記の目的を達成する。

## 【0007】

即ち、本発明プリント基板加工用小径ドリルは、基材表面の切削に作用する部位に硬質膜を具える。前記基材のうち先端部は、超硬合金にて形成する。前記硬質膜は、周期律表IⅤa、Ⅴa、Ⅵa族金属の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物からなる一層以上にて構成する。前記化合物からなる層には、塩素を含有する層を具える。そして、刃径をφ0.01mm以上3.0mm以下とする。

## 【0008】

穴位置精度や穴内壁品位は、プリント基板加工用小径ドリルの工具寿命を左右する。従って、プリント基板加工用小径ドリルの工具寿命をより延長するには、長時間の使用に亘り、穴位置精度や穴内壁品位を維持できることが有用である。長時間の使用において穴位置精度や穴内壁品位を維持するためには、工具の刃先形状を維持するための耐摩耗性と、被削材の切り粉に対する耐溶着性とに優れていることが好適である。そこで、本発明者らが種々検討した結果、基材表面の切削に関与する部位に硬質膜を被覆すると共に、周期律表IⅤa、Ⅴa、Ⅵa族の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物層で塩素を含有する層を硬質膜に具えることで、耐摩耗性や耐溶着性を向上し、多数の使用に亘り穴位置精度や穴内壁品位の維持が可能であることを見出した。本発明は、上記知見に基づき規定するものである。以下、本発明をより詳しく説明する。

## 【0009】

本発明において先端部を形成する基材材料は、硬度及び靱性、被削材との反応性の面を考慮して、超硬合金を用いる。その他の部分を形成する基材材料は、先端部と同一組成の超硬合金やハイス鋼などが挙げられる。従って、基材全体を同一材料からなる超硬合金で形

10

20

30

40

50

成してもよいし、先端部を超硬合金で形成し、それ以外の部分をハイス鋼などで形成してもよい。なお、先端部とは、切れ刃、逃げ面、すくい面及びチゼルエッジによって構成される部分で、実際の切削作用をする部分である。

【 0 0 1 0 】

超硬合金としては、例えば、以下に示すものが挙げられる。

▲ 1 ▼炭化タングステン ( W C ) : 7 0 ~ 9 9 重量 % と、1 種以上の鉄系金属からなる結合相 : 1 ~ 3 0 重量 % と、不可避的不純物とからなるもの。

▲ 2 ▼ W C : 6 0 ~ 9 8 . 9 9 重量 % と、クロム ( C r ) 、 C r の炭化物、バナジウム ( V ) 及び V の炭化物から選ばれる少なくとも 1 種 : 0 . 0 1 ~ 1 0 重量 % 、 1 種以上の鉄系金属からなる結合相 : 1 ~ 3 0 重量 % と、不可避的不純物とからなるもの。

10

【 0 0 1 1 】

なお、上記の超硬合金組成範囲は、一般的に工業的に製造されている範囲を記述したものである。この範囲を逸脱しても本発明の効果を得ることができる。

【 0 0 1 2 】

上記基材表面には、後述する硬質膜を設ける。硬質膜を設ける部分は、基材表面の切削に関与する部位とする。具体的には、実際の切削にかかわる先端部の表面、切り粉が接触する溝部 ( フルート部 ) の表面に設けることである。より具体的には、図 1 に示すように刃径を d とするとき、少なくとも先端 1 から長さ d の範囲内や、少なくとも先端 1 から長さ 5 d の範囲内の溝部 2 が挙げられる。もちろん、基材の全体、即ち、先端から溝部が形成されている、通常ボディ 3 と呼ばれる部分、及びドリルが取り付けられる駆動装置に装着されるシャンク 4 と呼ばれる部分に亘り硬質膜を設けてもよいし、ボディ 3 のみに設けてもよい。硬質膜を設けない部分は、膜形成時に、適宜マスキングしたり、一旦膜を形成した後、研磨などにより膜を取り除くとよい。

20

【 0 0 1 3 】

本発明において硬質膜は、周期律表 I V a 、 V a 、 V I a 族金属の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物にて形成する。このような硬質膜は、単層でもよいし、複数層から構成してもよい。

【 0 0 1 4 】

周期律表 I V a 、 V a 、 V I a 族金属の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物にて形成される薄膜は、ビッカース硬度 H v が 2 0 0 0 ~ 3 0 0 0 程度と非常に高硬度であることからドリルの刃先の耐摩耗性を向上させることができる。特に、周期律表 I V a 、 V a 、 V I a 族金属の炭化物層又は炭窒化物層は、上記のように高硬度であることから化合物層自身が摩耗しにくいことに加えて、プリント基板を構成するガラス繊維と擦り合わせた際の摩擦係数が非常に低く、溶着が少ないため、更に望ましい。

30

【 0 0 1 5 】

また、周期律表 I V a 、 V a 、 V I a 族金属の炭窒化物にて形成される薄膜は、膜中の炭素含有量及び窒素含有量の総量に対する炭素含有量の割合 ( 原子 % ) が高いほど、耐摩耗性、耐溶着性に優れる傾向にある。具体的には、炭素及び窒素の総量に対する炭素量の割合が 0 . 3 以上 1 . 0 以下、特に、0 . 5 以上 1 . 0 以下であることが好ましい。しかし、炭素の割合が多くなりすぎると、膜の靱性が劣化し、剥離し易くなる恐れがある。そこで、上記割合は、0 . 3 以上 0 . 7 以下、特に、0 . 5 以上 0 . 7 以下であることがより好ましい。

40

【 0 0 1 6 】

そして、本発明では、上記周期律表 I V a 、 V a 、 V I a の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物層のうち、少なくとも一層が塩素を含む層とする。本発明者らが検討した結果、塩素を含有した上記化合物層を具えることで、プリント基板を構成するガラス繊維以外の材料、例えば、エポキシなどの樹脂、銅やアルミニウムなどの軟質金属との耐溶着性を格段に向上することができるとの知見を得た。これは、塩素の含有により、上記化合物層の化学的安定性が高まったためと推測される。また、上記化合物層に塩素を含有させると、ガラス繊維との摩擦係数が小さくなるとの知見を得た。これらの知見から、

50

本発明では、塩素を含有させた上記化合物層を基材表面に被覆し、摩耗を低減すると共に、耐溶着性を向上させ、穴位置精度、穴内壁品位、穴径精度などのばらつきを小さくすることを実現する。従って、本発明小径ドリルは、長時間の使用に亘り、穴位置精度や穴内壁品位を維持し、工具寿命を大幅に延長することができる。

#### 【 0 0 1 7 】

上記塩素を含有する化合物層中の塩素の濃度は、低すぎると耐溶着性の向上効果が得られにくく、逆に高すぎると周期律表 I V a、V a、V I a 族金属の窒化物、炭化物及び炭窒化物から選択される化合物層の特性、例えば、硬度などを大きく劣化させる恐れがある。そのため、塩素の濃度、即ち、硬質膜全体に対する原子量の割合（原子％）は、0.0001 原子％以上 10 原子％以下が望ましく、特に、0.001 原子％以上 1 原子％以下であることが望ましい。このような塩素濃度の化合物層は、単層でもよいし、複数層具えていてもよい。塩素を含有する化合物層を複数層具える場合、総濃度は、上記の濃度を満たすことが好ましい。塩素の濃度は、種々の方法で測定することができる。測定法として、例えば、X P S 法（X 線光電子分光法）、S I M S 法（二次イオン質量分析法）、I C P 法（誘導結合プラズマ質量分析法）などが挙げられる。

10

#### 【 0 0 1 8 】

本発明において硬質膜は、物理的蒸着法（P V D）、化学的蒸着法（C V D）に代表される気相合成法により形成するとよい。硬質膜を複数層とする場合、少なくとも一層は、気相合成法により形成することが好ましい。特に、塩素を含有した上記化合物層の形成は、例えば、塩素ガス、気体の塩化物及び気化させた塩化物の少なくとも一種を原料に用いて、C V D、特に熱 C V D 法にて行うことが挙げられる。このように上記原料を用いて膜形成の際に塩素を膜中に含有させることで、化合物層の特性をほとんど劣化させることない。

20

#### 【 0 0 1 9 】

塩素の濃度の制御は、成膜の際の基材温度、原料とするガスの流量比（単位時間当たりに炉内に導入するガスの容積（リットル）比）を調整することで行うことができる。基材温度は、500℃以上 980℃以下が望ましい。特に、700℃以上 890℃以下であることが好適である。成膜の際における基材温度は、使用する原料ガスの種類、蒸着炉の特性などの諸条件で最適値を持つが、980℃を超える温度で形成すると、膜中に塩素がほとんど含有されなくなり、500℃未満で形成すると、塩素は含有されるが、脆く密着力が低い膜しか得られない。ガスの流量比は、用いる周期律表 I V a、V a、V I a 族金属種で変化させる。例えば、T i C l<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> を用いて T i N 層を形成する場合は、T i C l<sub>4</sub> : 0.5 ~ 5 %、N<sub>2</sub> : 20 ~ 50 %、H<sub>2</sub> : 残り、より好ましくは、T i C l<sub>4</sub> : 0.5 ~ 2 %、N<sub>2</sub> : 20 ~ 50 %、H<sub>2</sub> : 残りとすることが挙げられる。

30

#### 【 0 0 2 0 】

硬質膜は、薄すぎると、長時間の使用に亘り、十分な耐摩耗性や耐溶着性を維持しにくく、逆に厚すぎると剥離し易くなったり、工具の切れ味を劣化させる恐れがある。そこで、硬質膜は、0.05 μm 以上 10 μm 以下、特に、0.1 μm 以上 1 μm 以下であることが好ましい。また、硬質膜を複数層にて構成する場合、硬質膜全体として望ましい膜厚は、10 μm 以下である。また、膜厚は、成膜の際の保持時間を変化させることで、適宜変化させることができる。

40

#### 【 0 0 2 1 】

更に、硬質膜が高い密着性を確保しつつ、耐摩耗性と耐溶着性との両立を図るには、基材表面直上、又は基材表面側に密着性が高い中間層を具え、この中間層の外側に耐摩耗性及び耐溶着性に優れる外層を具えることが好ましい。このような中間層として、T i N 層、外層として、T i C N 層が挙げられる。そして、T i C N 層には、耐摩耗性及び耐溶着性を向上するために、塩素が含まれることが好ましい。もちろん、T i N 層及び T i C N 層の双方に塩素が含まれていてもよい。このような硬質膜は、高い密着性が要求される部分、例えば、刃先先端の摩耗の激しい部分、溝部内の切り粉が流れる部分などに設けることが好ましい。上記 T i N 層は、厚さが 0.01 μm 以上 1.0 μm 以下であることが好ま

50

しい。0.01  $\mu\text{m}$ 未満であると、密着性を向上させる効果が少ない。一方、TiCl層は、TiN層よりも高硬度であるため、耐摩耗性を向上させる場合、硬質膜におけるTiCl層の割合がTiN層の割合よりも高いことが好ましい。従って、TiN層が1.0  $\mu\text{m}$ 超であると、硬質膜におけるTiN層の割合が増加するため、耐摩耗性を劣化させる恐れがある。

#### 【0022】

基材表面に被覆する硬質膜の表面は、被削材の摺動性を高めることができるように平滑であることが望ましい。特に、刃径をdとするとき、少なくとも先端から長さdの範囲内や、少なくとも先端から長さ5dの範囲内における溝部に硬質膜を具えておき、上記範囲内の硬質膜表面が平滑であることが望ましい。具体的には、表面粗さが $R_z = 0.35 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。硬質膜表面は、平滑であればあるほど望ましいが、 $R_z = 0.01 \mu\text{m}$ 未満にするのは、現実的に生産上の困難が生じたり、製造できても非常に高価なものとなることがある。従って、生産性、経済性を考慮すると $R_z = 0.01 \mu\text{m}$ 以上とするといよい。上記表面粗さに制御する方法として、例えば、成膜条件を制御することが挙げられる。具体的には、TiCl<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>の濃度を下げたり、基材温度を低めにすることが挙げられる。

#### 【0023】

上記表面粗さの測定は、触針式の表面形状測定、レーザー顕微鏡を用いた方法、走査型電子顕微鏡を用いた方法、鏡面研磨した断面から表面形状を顕微鏡測定して算出する方法などの各種の方法が適用できる。

#### 【0024】

硬質膜の表面を平滑にするには、上記のように膜の表面そのものを平滑にさせる、即ち、表面粗さを小さくすることが重要であるが、質も考慮することが望ましい。例えば、硬質膜の膜厚をtとする場合、膜厚tと同程度超の高さを有する突起が膜表面にあると、この突起が溶着の起点となり、硬質膜の剥離その他折損や異常摩耗の起点となり易い。従って、硬質膜の表面に突起を有する場合、この突起の高さは、t以下とすることが好ましい。また、突起の直径がt超である場合も、同様に溶着、折損や異常摩耗の起点となり易い。従って、突起の直径もt以下とすることが好ましい。即ち、硬質膜の表面に突起を有する場合、この突起の直径及び高さの少なくとも一方は、t以下とすることが好ましい。突起の高さや直径を小さくするには、適宜ラッピング処理を行うことが挙げられる。より具体的には、例えば、パフ、ブラシ、パレルや弾性砥石などによる研磨処理、マイクロブラスト、イオンビーム照射による表面改質処理を適用することが挙げられる。このように硬質膜の表面粗さの制御だけでなく、必要な箇所にラッピング処理を施すことで、硬質膜の表面をより平滑にすることができ、穴あけ加工の際の摩擦係数を低減することができる。上記突起の高さ及び直径は、電子顕微鏡や表面粗さ計などを用いて測定することができる。

#### 【0025】

本発明小径ドリルは、プリント基板加工に用いるものとする。そして、この加工に適した大きさとして、刃径を0.01 mm以上3.0 mm以下に規定する。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明する。

##### （実施例1）

刃径 $\phi 0.3 \text{ mm}$ の超硬合金製小径ドリル基材を用意し、この基材の表面全体に表1に示す硬質膜を形成して、被覆膜を具える小径ドリルを作製した。

#### 【0027】

小径ドリル基材は、以下のようにして得た。本例では、基材全体の組成を同一とした。具体的には、重量%で、WC:93.0%、Co:6.0%、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>:0.5%、VC:0.5%及び不可避免の不純物からなる材料粉末を10 Hr湿式混合した後、成形型に充填し、1,000 kg/cm<sup>2</sup>の圧力にてプレス成形し、真空中で4.0℃/minの昇温速度で1400℃まで昇温し、真空中でその温度を60分間保持してから、真空中で冷

却を行った。得られた合金に対し、ダイヤモンド砥石を用いて刃径 $\phi 0.3\text{ mm}$ のドリル基材を製造した。このようなドリル基材を複数用意した。

【 0 0 2 8 】

試料 N o . 1 - 1 に示す被覆膜を具える小径ドリルは、以下のようにして得た。上記ドリル基材を通常の熱 C V D 炉内にセットし、十分に真空引きしてから、炉内の温度を調整し、基材温度を  $900^{\circ}\text{C}$  として加熱・保持した後、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  をそれぞれ流量比 4 %、35 %、61 % で炉内に導入し、炉内圧力を  $30\text{ kPa}$  として 1 時間保持した。そして、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  ガスを排気してから、炉内で十分に冷却した後、ドリルを取り出した。上記の手順により、塩素を含む  $\text{TiN}$  層を具える小径ドリルが得られた。

【 0 0 2 9 】

試料 N o . 1 - 2 に示す被覆膜を具える小径ドリルは、基材温度を  $1050^{\circ}\text{C}$  とした以外は上記試料 N o . 1 - 1 と同様の手順で、基材表面に  $\text{TiN}$  層をまず形成した後、引き続き、基材温度： $850^{\circ}\text{C}$  とし、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{CH}_3\text{CN}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  をそれぞれ流量比 2 %、1 %、20 %、77 % で炉内に導入し、炉内圧力を  $10\text{ kPa}$  として 5 時間保持した。そして、上記ガスを排気した後、炉内で十分に冷却してからドリルを取り出し、塩素を含まない  $\text{TiN}$  層及び塩素を含む  $\text{TiCN}$  層を具える小径ドリルが得られた。

【 0 0 3 0 】

試料 N o . 1 - 3 ~ 1 - 11 は、試料 N o . 1 - 2 と基材温度及びガスの流量比、保持時間を変化させることで、塩素の濃度、硬質膜の膜厚を変化させた。

【 0 0 3 1 】

試料 N o . 1 - 12 に示す被覆膜を具える小径ドリルは、まず、試料 N o . 1 - 1 と同様の手順で基材表面に塩素を含む  $\text{TiN}$  層を形成し、続いて、試料 N o . 1 - 2 と同様の手順で塩素を含む  $\text{TiCN}$  層を形成した。その後、引き続き、基材温度を  $820^{\circ}\text{C}$  とし、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2$  をそれぞれ流量比で 3 %、3 %、94 % として炉内に導入し、炉内圧力を  $10\text{ kPa}$  として 3 時間保持した。そして、同様に上記のガスを排気した後、炉内で十分に冷却してからドリルを取り出し、更に塩素を含む  $\text{TiC}$  層を具える小径ドリルが得られた。 $\text{TiN}$  層及び  $\text{TiCN}$  層の形成の際、基材温度及びガスの流量比、保持時間を変化させることで、塩素の濃度、硬質膜の膜厚を変化させた。

【 0 0 3 2 】

試料 N o . 1 - 13、1 - 14 に示す被覆膜を具える小径ドリルは、試料 N o . 1 - 12 と同様の手順で硬質膜を形成して得た。そして、硬質膜の基材温度及びガス流量比、保持時間を変化させることで、塩素の濃度、硬質膜の膜厚を変化させた。

【 0 0 3 3 】

試料 N o . 1 - 15 に示す被覆膜を具える小径ドリルは、以下のようにして得た。上記試料 N o . 1 - 1 ~ 1 - 14 と同じ基材を準備し、同様の手順で被覆膜を形成した。具体的には、基材温度を  $1000^{\circ}\text{C}$  とし、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  をそれぞれ流量比 2 %、25 %、73 % で炉内に導入し、炉内圧力を  $20\text{ kPa}$  として 2.5 時間保持した後、上記ガスを排気して炉内で十分に冷却した後、取り出すことで、塩素を含まない  $\text{TiN}$  層を具える小径ドリルが得られた。

【 0 0 3 4 】

試料 N o . 1 - 16 は、上記試料 N o . 1 - 1 ~ 1 - 15 と同じ基材を準備し、硬質膜の形成を行わない基材のままの状態とした試料である。

【 0 0 3 5 】

上記試料 N o . 1 - 1 ~ 1 - 15 について、硬質膜を構成する各層の塩素の濃度は、SIMS 法によって測定した。表 1 において、塩素濃度の欄に記載される「-」の記号は、SIMS 法による検出限界以下であり、ほぼ 0 と見なせる。後述する実施例 2 の表 6、実施例 3 の表 8 についても同様である。

【 0 0 3 6 】

硬質膜に炭窒化物層を具える試料 N o . 1 - 2 ~ 1 - 14 において、炭素含有量及び窒素含有量の総量に対する炭素含有量の割合（原子 %）を求めた。この割合は、XPS 法、又

10

20

30

40

50



はSIMS法により測定した。また、試料No. 1-1～1-16において、基材と同様の組成からなる超硬合金製の平板状のテストピースを用意し、試料No. 1-1～1-15に対応するテストピースには、試料No. 1-1～1-15の硬質膜を形成した同じ炉内で同時に試料No. 1-1～1-15と同じ硬質膜を形成した。試料No. 1-16に対応するテストピースには、硬質膜を形成しなかった。これらテストピースを用いて表面硬度、ガラスに対する摩擦係数を確認した。

## 【 0 0 3 7 】

表面硬度は、ナノインデントにより、摩擦係数は、ガラスピンをディスク材（テストピース）に押し付けて回転させることで測定するピンオンディスク試験により確認した。表1に表面硬度及び摩擦係数を示す。また、表2にピンオンディスク試験の測定条件を記す。

## 【 0 0 3 8 】

## 【 表 1 】

試料 No.	層 1			層 2			層 3			層 2 における 炭素/(炭素+窒素) 原子%	表面 硬度 Gpa	摩擦 係数	
	膜種	膜厚 μm	炭素濃度 %	膜種	膜厚 μm	炭素濃度 %	膜種	膜厚 μm	炭素濃度 %				
1-1	TiN	0.5	0.002	-	-	-	-	-	-	0	25.2	0.14	
1-2	TiN	0.01	-	TiCN	10	0.0002	-	-	-	0.52	37.8	0.21	
1-3	TiN	0.04	-	TiCN	4.9	0.0017	-	-	-	0.45	36.4	0.15	
1-4	TiN	0.06	-	TiCN	1.1	0.0028	-	-	-	0.40	35.0	0.14	
1-5	TiN	0.1	-	TiCN	0.9	0.0071	-	-	-	0.37	35.0	0.14	
1-6	TiN	0.2	0.004	TiCN	0.6	0.0163	-	-	-	0.35	33.6	0.10	
1-7	TiN	0.4	0.004	TiCN	0.4	0.0442	-	-	-	0.55	33.6	0.10	
1-8	TiN	0.6	0.004	TiCN	0.2	0.0800	-	-	-	0.65	29.4	0.10	
1-9	TiN	0.8	0.004	TiCN	0.1	0.2500	-	-	-	0.72	26.6	0.07	
1-10	TiN	0.9	0.004	TiCN	0.09	0.6300	-	-	-	0.80	25.2	0.06	
1-11	TiN	1	0.004	TiCN	0.05	1.5500	-	-	-	0.95	25.2	0.04	
1-12	TiN	0.07	0.002	TiCN	3.3	3.5650	TiC	2.1	0.677	0.52	42.0	0.05	
1-13	TiN	0.07	0.045	TiCN	1.5	0.0110	TiC	0.4	0.022	0.55	39.2	0.09	
1-14	TiN	0.07	0.011	TiCN	0.5	0.0014	TiC	0.3	0.020	0.65	35.0	0.09	
1-15	TiN	1.5	-	-	-	-	-	-	-	0	25.2	0.55	
1-16	硬質膜なし											21.0	0.52

20

30

40

【 0 0 3 9 】

【 表 2 】

ピン材質	ガラス(石英ガラス)
ピン半径	φ6mm
摺動半径	1mm
荷重	1N
回転速度	500rpm
回転数	10000 回転
雰囲気	DRY

10

【 0 0 4 0 】

表 1 及び 2 に示すように塩素を含む層を具える硬質膜を基材表面に設けた試料 N o . 1 - 1 ~ 1 - 1 4 は、高硬度であると共に摩擦係数が小さいことがわかる。即ち、摩耗しにくく、加工の際、被削材の切り粉が滑り易いと推測される。

【 0 0 4 1 】

( 試験例 1 )

得られた試料 N o . 1 - 1 ~ 1 - 1 6 のそれぞれについて、表 3 に示す条件によるプリント基板穴あけ加工を行い、工具寿命を評価した。寿命の判定は、以下のように行った。即ち、1000 穴加工する毎に穴位置精度、穴内壁品位を判定し、規格以内にあるものは継続して加工を行い、規格外になったものを寿命と判定した。また、加工途中で折損した場合は、その時点で寿命と判定した。工具寿命の評価試験の結果を表 4 に示す。また、工具寿命の判定規格を表 5 に示す。

20

【 0 0 4 2 】

【 表 3 】

被削材	ガラス繊維を含むエポキシ樹脂(厚さ 1.6mm)
	を 3 枚重ねたもの(厚さ: 4.8mm)
	エポキシ樹脂の表面にのみ Cu 層形成
	あて板: アルミシート(厚さ 0.15mm)
加工条件	捨て板: ベークライト板(厚さ 1.5mm)
	回転数: 10 万 rpm
	送り: 2m/min.

30

【 0 0 4 3 】

【 表 4 】

40

試料 No.	寿命となるまでの 加工穴数	寿命原因
1-1	9000～	内壁品位
1-2	4000～	内壁品位
1-3	4000～	内壁品位
1-4	7000～	穴位置精度
1-5	10000 以上	-
1-6	10000 以上	-
1-7	9000～	穴位置精度
1-8	9000～	穴位置精度
1-9	8000～	穴位置精度
1-10	7000～	穴位置精度
1-11	5000～	内壁品位
1-12	4000～	内壁品位
1-13	6000～	穴位置精度
1-14	10000 以上	-
1-15	3000～	折損
1-16	2000～	穴位置精度

10

20

【 0 0 4 4 】

【 表 5 】

穴位置精度	平均値 + 3 $\sigma$ < 60 $\mu$ m $\sigma$ = 標準偏差
穴内壁品位	内壁粗さ 最大 5 $\mu$ m 以下

30

【 0 0 4 5 】

表 4 に示すように基材表面に硬質膜を具える試料 No. 1-1 ～ 1-15 は、硬質膜を具えていない試料 No. 1-16 よりも工具寿命が長いことがわかる。特に、硬質膜に塩素を含有する層を具える試料 No. 1-1 ～ 1-14 は、塩素を含有する層を具えていない試料 No. 1-15 と比較して、工具寿命がより長いことがわかる。従って、本発明は、従来よりも工具寿命を大きく向上できることが確認された。

40

【 0 0 4 6 】

また、表 1 及び 4 から、硬質膜は、10  $\mu$  m 以下である方がより長寿命であることがわかる。また、塩素の濃度は、1 原子 % 以下である方がより長寿命であることがわかる。

【 0 0 4 7 】

( 実施例 2 )

刃径  $\phi$  0.1 mm の超硬合金製小径ドリル基材を用意し、この基材の表面全体に表 6 に示す硬質膜を形成して、硬質膜を具える小径ドリルを作製した。

【 0 0 4 8 】

本例で用いた基材は、全体の組成を同一とした。具体的には、重量 % で WC : 90.0 % 、 Co : 10.0 % 及び不可避免的不純物からなる材料粉末を用意し、実施例 1 と同様にし

50

て刃径 $\phi 0.1$  mmのドリル基材を複数製造した。

【 0 0 4 9 】

試料 No. 2-1 ~ 2-8 は、実施例 1 の試料 No. 1-1 と同様の手順で基材表面に硬質膜を形成した。具体的には、上記基材を用い、基材温度を $750 \sim 920^{\circ}\text{C}$ とし、原料ガスを炉内に導入し、炉内圧力を $5 \sim 35 \text{ kPa}$ として、 $1 \sim 10$  時間保持した後、原料ガスを排気して炉内で十分に冷却した後、取り出して、塩素を含む化合物層を具える小径ドリルを得た。原料ガスには、表 6 に示す周期律表 I V a、V a、V I a 族金属の塩化物ガスを用いた。W などの塩化物ガスを得にくい材質に関しては、W F。などのフッ化物ガスを用い、塩素ガスを別途導入した。なお、基材温度、炉内圧力、保持時間は、上記の範囲において適宜選択して成膜した。

10

【 0 0 5 0 】

試料 No. 2-9 は、上記試料 No. 2-1 ~ 2-8 と同じ基材を準備し、実施例 1 の試料 No. 1-1 と同様の手順で硬質膜を形成した。具体的には、基材温度を $1000^{\circ}\text{C}$ とし、T i C l<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> をそれぞれ流量比 2 %、25 %、73 % で炉内に導入し、炉内圧力を $20 \text{ kPa}$ として $100$  分保持した後、上記ガスを排気して炉内で十分に冷却した後取り出し、塩素を含まない T i N 層を具える小径ドリルを得た。試料 No. 2-10 は、上記試料 No. 2-1 ~ 2-8 と同じ基材を準備し、硬質膜の形成を行わない基材のままの状態とした試料である。

【 0 0 5 1 】

上記試料 No. 2-1 ~ 2-10 について、実施例 1 と同様に硬質膜を構成する各層の塩素の濃度は、S I M S 法によって測定した。表 6 に塩素濃度を示す。

20

【 0 0 5 2 】

【 表 6 】

試料 No.	層 1		
	膜種	膜厚 $\mu\text{m}$	塩素濃度 %
2-1	ZrN	0.4	0.003
2-2	VC	0.6	0.55
2-3	CrN	0.9	2.5
2-4	NbN	1.5	4.7
2-5	MoC	0.8	0.04
2-6	HfCN	0.8	0.004
2-7	TaCN	0.5	0.0003
2-8	TiWCN	0.95	0.115
2-9	TiN	1	-
2-10	硬質膜なし		

30

40

【 0 0 5 3 】

( 試験例 2 )

上記試料 No. 2-1 ~ 2-10 のそれぞれについて、表 3 に示す条件によるプリント基板穴あけ加工を行い、工具寿命を評価した。寿命の判定は、試験例 1 と同様に行った。寿命の判定を行う規定は、穴位置精度：平均値 $+3\sigma < 75 \mu\text{m}$ 、穴内壁品位：内壁粗さ最大 $7 \mu\text{m}$ 以下とした。工具寿命の評価試験の結果を表 7 に示す。

【 0 0 5 4 】

【 表 7 】

50

試料 No.	寿命となるまでの 加工穴数	寿命原因
2-1	9000～	内壁品位
2-2	4000～	内壁品位
2-3	4000～	内壁品位
2-4	7000～	穴位置精度
2-5	10000 以上	-
2-6	10000 以上	-
2-7	9000～	穴位置精度
2-8	9000～	穴位置精度
2-9	2000～	折損
2-10	1000～	折損

10

## 【 0 0 5 5 】

表 7 に示すように基材表面に硬質膜を具える試料 No. 2-1 ～ 2-9 は、硬質膜を具えていない試料 No. 2-10 よりも工具寿命が長いことがわかる。特に、硬質膜に塩素を含有している試料 No. 2-1 ～ 2-8 は、塩素を含有していない試料 No. 2-9 と比較して、工具寿命がより長いことがわかる。従って、本発明は、従来よりも工具寿命を大きく向上できることが確認された。

20

## 【 0 0 5 6 】

## ( 実施例 3 )

刃径  $\phi 1.0$  mm の小径ドリル基材を用意し、この基材の表面全体に表 8 に示す硬質膜を形成して、硬質膜を具える小径ドリルを作製した。

## 【 0 0 5 7 】

本例で用いた基材は、ボディを超硬合金、シャンクをハイス鋼とした。具体的には、ボディの形成材料として、重量％で WC : 94.0 %、Co : 5.0 %、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> : 1.0 % 及び不可避免的不純物からなる材料粉末を用意し、実施例 1 と同様にして刃径  $\phi 1.0$  mm のボディを形成し、別途用意したハイス鋼からなるシャンクを取り付けることで、ドリル基材を複数製造した。

30

## 【 0 0 5 8 】

試料 No. 3-1 は、上記基材を用い、実施例 1 の試料 No. 1-1 と、試料 No. 3-2、3-3 は、実施例 1 の試料 No. 6 と同様にして塩素を含む化合物層を具える小径ドリルを得た。なお、硬質膜の基材温度及びガス流量比、保持時間を変化させることで、塩素の濃度、硬質膜の膜厚を変化させた。そして、得られた小径ドリルの硬質膜のうち、表 8 に示す部位において、ラッピング処理を施した。

40

## 【 0 0 5 9 】

ラッピング処理は、8000 番のダイヤモンド砥粒を用いてマイクロブラストによって行った。シャンクやその他のラッピングしない部分には、予め銀ペーストにてマスクしておき、ラッピング処理後、マスクを除去した。

## 【 0 0 6 0 】

試料 No. 3-4 は、上記試料 No. 3-1 ～ 3-3 と同じ基材を準備し、実施例 1 の試料 No. 1-15 と同様の手順で硬質膜を形成した。具体的には、基材温度を 1000℃ とし、TiCl<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> をそれぞれ流量比 2 %、25 %、73 % で炉内に導入し、炉内圧力を 20 kPa として 70 分保持した後、上記ガスを排気して炉内で十分に冷却した後取り出し、塩素を含まない TiN 層を具える小径ドリルを得た。

50

## 【 0 0 6 1 】

得られた試料 No. 3-1 ~ 3-4 において、走査型電子顕微鏡を用いて表面粗さ ( Rz ) の測定を行った。その結果を表 8 に示す。

## 【 0 0 6 2 】

## 【 表 8 】

試料 No.	層 1			層 2			ラッピング処理 部位	表面粗さ Rz μm
	膜種	膜厚 μm	塩素濃度 %	膜種	膜厚 μm	塩素濃度 %		
3-1	TiN	1.5	0.005	-		-	先端から 1mm 以内	0.32
3-2	TiN	0.3	0.005	TiCN	2.1	0.0006	先端から 3mm 以内の溝部内	0.12
3-3	TiN	0.08	0.005	TiCN	0.8	0.0052	シャンク部以外 全体	0.08
3-4	TiN	0.8	-	-		-	なし	0.74

## 【 0 0 6 3 】

また、試料 No. 3-1 ~ 3-4 の硬質膜の表面を調べたところ、突起が確認された。走査型電子顕微鏡を用いてこれら突起の高さ及び直径を調べたところ、試料 No. 3-1 で確認された突起は、いずれも高さ及び直径の双方が 1 μm 以下、試料 No. 3-2 で確認された突起は、いずれも高さ及び直径の双方が 2 μm 以下、試料 No. 3-2 で確認された突起は、いずれも高さ及び直径の双方が 0.5 μm 以下であった。これに対し、ラッピング処理を行っていない試料 No. 3-4 で確認された突起には、高さ及び直径の双方が 1 μm 以上のものがあつた。

## 【 0 0 6 4 】

## ( 試験例 3 )

得られた試料 No. 3-1 ~ 3-4 のそれぞれについて、表 9 に示す条件によるプリント基板穴あけ加工を行い、工具寿命を評価した。寿命の判定は、試験例 1 と同様に行った。寿命の判定を行う規定は、穴位置精度：平均値 + 3σ < 75 μm、穴内壁品位：内壁粗さ最大 8 μm 以下とした。工具寿命の評価試験の結果を表 10 に示す。

## 【 0 0 6 5 】

## 【 表 9 】

被削材	ガラス繊維を含むエポキシ樹脂 (厚さ 1.6mm)
	を 3 枚重ねたもの (厚さ : 4.8mm)
	エポキシ樹脂の両面に Cu 層形成
加工条件	あて板 : なし
	捨て板 : ベークライト板 (厚さ 1.5mm)
	回転数 : 20 万 rpm
	送り : 3m/min.

## 【 0 0 6 6 】

## 【 表 10 】

試料 No.	寿命となるまでの 加工穴数	寿命原因
3-1	9000～	内壁品位
3-2	9000～	穴位置精度
3-3	10000 以上	—
3-4	3000～	折損

10

## 【 0 0 6 7 】

表 1 0 に示すように各部位にラッピング処理を行った試料 No. 3-1～3-3 は、いずれもより長寿命であることが確認された。一方、塩素を含有しておらず、かつラッピング処理を施していない試料 No. 3-4 は、途中で折損した。これは、切り粉が溝部内に目詰まりしたか、刃先の摩耗が進むに従って切削抵抗が高くなったためであると考えられる。即ち、硬質膜の表面をより平滑にすることで、耐摩耗性及び耐溶着性の向上に加えて、切り粉の目詰まりを抑制し、切削抵抗の増大を低減することができると推測できる。従って、本発明は、工具寿命をより延長することができることが確認された。

## 【 0 0 6 8 】

## 【 発明の効果 】

20

以上、説明したように本発明プリント基板加工用小径ドリルによれば、硬質膜に塩素を含有する層を具えることで、耐摩耗性及び耐溶着性の双方の向上を図ることができるという優れた効果を奏し得る。そのため、本発明小径ドリルは、長時間の使用に対して、穴位置精度、穴内壁品位を良好に維持することができ、工具寿命の延長を図ることができる。

## 【 0 0 6 9 】

更に、硬質膜の表面をより平滑にすることで、耐摩耗性及び耐溶着性だけでなく、切り粉の目詰まりを抑制したり、切削抵抗が増加することを低減することができるため、工具寿命を更に長くすることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

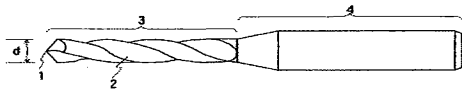
【 図 1 】 本発明小径ドリルの一例を示す正面図である。

30

## 【 符号の説明 】

1 先端 2 溝部 3 ボディ 4 シャンク

【 図 1 】





フロントページの続き

(72)発明者 福井 治世  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
(72)発明者 広瀬 和弘  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
(72)発明者 岡田 吉生  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
Fターム(参考) 3C037 CC02 CC04 CC09  
4K030 AA03 AA17 AA18 BA38 BA41 BB13 CA03 FA10 JA01 JA06  
LA22